

Artículo/Article
Sección/Section C
Vol. 13, nro. 1
ID: 1775

Biopolímeros de cáscaras de mango y su importancia en la soberanía alimentaria

Andrea Sánchez-Montoya[1], Cristina Garcés-López[1], F.E.Carvajal-Larenas[1]*, Gisela Criollo-Criollo[1], Nicole Martínez-Ochoa[1], Pablo Terán-Maldonado[1], Carolina Reyes-Jácome[1], Joselyn Andrade-Cruz[1]

[1] Departamento de Ingeniería en Alimentos, Universidad San Francisco de Quito USFQ, Ecuador
*Autor para correspondencia / Corresponding Author: assanchezm@hotmail.com

Biopolymers of mango peels and their importance in food sovereignty

Abstract

Through this literature review it has been found that biopolymers based on mango by-products would be able to prolong the shelf life of food without affecting its quality and organoleptic properties. The bioactive compounds in the shell of this fruit would protect a product from physical-chemical damage and microbial contamination. In addition, these packages could reduce waste and environmental pollutants. This review was carried out considering as quality indicators: water vapor permeability and quantity of phenolic compounds mainly. It was found that the fish gelatin film with 5% mango peel extract (MPE) would have a low water vapor permeability WVP: 1.98 ± 0.15 g mm / kPa s m2 while its antioxidant compounds would allow the increase of food shelf life, due to its barrier properties, thus contributing to reducing food industry waste. Likewise, the biopolymers of mango peel by-products would contribute to the concept of food sovereignty because they promote the conservation of food in a sustainable and accessible way, maintaining the quality, safety and nutritional value of the product. Biopolymers are an ecological alternative to synthetic containers.

Keywords: biofilms, shelf life, bioactive compounds, by-products, packaging.

Resumen

Mediante la presente revisión bibliográfica se ha encontrado que los biopolímeros a base de subproductos del mango serían capaces de prolongar la vida útil de los alimentos sin afectar su calidad y propiedades organolépticas. Los compuestos bioactivos de la cáscara de este fruto protegerían a un producto de daños fisicoquímicos y contaminación microbiana. Además, estos empaques podrían disminuir los residuos y contaminantes ambientales. Esta revisión se realizó considerando como indicadores de calidad: la permeabilidad al vapor de agua y cantidad de compuestos fenólicos principalmente. Se encontró que la película de gelatina de pescado con 5% de extracto de cáscara de mango (MPE) tendría una baja permeabilidad al vapor de agua WVP: 1,98 E-14 (g/m s Pa) mientras que sus compuestos antioxidantes permitirían el

Editado por / Edited by: Juan Sebastián Proaño Avilés

Recibido / Received: 06/04/2020

Aceptado / Accepted: 17/06/2021

Publicado en línea / Published online: 31/08/2021

 DOI: https://dx.doi.org/10.18272/aci.v13i1.1775



aumento de la vida útil del alimento, por sus propiedades de barrera, contribuyendo así a reducir los desperdicios de la industria alimentaria. Asimismo, los biopolímeros de subproductos de cáscara de mango contribuirían al concepto de soberanía alimentaria pues promueven la conservación de los alimentos de manera sustentable, sostenible y accesible, manteniendo al mismo tiempo la calidad, inocuidad y el valor nutricional del producto. Los biopolímeros son una alternativa a los envases sintéticos.

Palabras clave: biopelículas, vida útil, compuestos bioactivos, subproductos, empaques.

INTRODUCCIÓN

Los biopolímeros son una alternativa a los envases sintéticos. Para su elaboración se requiere de subproductos (cáscaras y/o semillas) de frutas [1]. El mango (*Mangifera indica L. cv Manila*) posee un alto contenido de polisacáridos y compuestos bioactivos, lo que permitiría proteger los alimentos de daños mecánicos, físicos, químicos y contaminación microbiana [2]. Además, otorgaría a las películas un alto contenido antioxidante que actuaría como barrera protectora en el alimento [3]. El objetivo de la presente revisión bibliográfica es determinar el biopolímero a base de subproductos de mango que más contribuya a mantener la calidad de los alimentos. Estos empaques podrían disminuir los residuos y contaminantes ambientales en la cadena de valor del mango contribuyendo al concepto de soberanía alimentaria [4].

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó una revisión bibliográfica para cumplir con el objetivo de la investigación. De tal forma que se consideró como indicadores de calidad de las biopelículas a las siguientes propiedades: permeabilidad del vapor de agua (WVP o PVA), concentración de compuestos fenólicos (mangiferina, quercetina, ácido elágico y ácido gálico), solubilidad, tensión de rotura y opacidad. Las biopelículas investigadas de subproductos de mango fueron elaboradas con diferentes concentraciones de grasa, almidón, polvo o extractos fenólicos de este fruto junto con diferentes mezclas de gelatina de pescado, nanocristales, alcohol polivinilo, ciclodextrinas y proteína aislada de soja.

RESULTADOS

En la tabla 1 se muestra las características de la película de gelatina de pescado con 5% de (MPE), representando el mejor biopolímero en esta revisión debido a que tuvo la menor permeabilidad de vapor de agua WVP: 1,98 E-14 (g/m s Pa) y un alto contenido de compuestos antioxidantes que permitirían que un producto aumente su vida útil al incrementar sus propiedades de barrera, reduciendo los desperdicios de la industria alimentaria. Además, permite que el alimento mantenga sus propiedades organolépticas y nutricionales sin alterar su composición.

 DOI: https://dx.doi.org/10.18272/aci.v13i1.1775



TABLA 1. Características físico-químicas y mecánicas de las películas con subproductos de mango

Película	Grosor (µm)	WVP (g/m s Pa)	Solubilidad (%)	Tensión de rotura (MPa)	Alargamiento de rotura (%)	L(*)	a(**)	b(***)	Opacidad	Fuente
F	100 ± 0,00	8,80x10^{-10} ±0,02	60,24± 4,38	n.d.	n.d.	73,11 ± 0,75	10,39 ± 0,38	53,13 ± 1,72	5,83 ± 0,61	[1]
FE	110,00 ± 0,01	1,00x10^{-10} ±0,00	52,56 ± 9,66	n.d.	n.d.	72,29 ± 0,77	10,32 ± 0,70	48,34 ± 0,36	5,54 ±0,47	[1]
EFMP (2%)	n.d.	n.d.	n.d.	15,2 ±0,05	n.d.	80,03 ± 0,4	5,88 ± 1,00	30,72 ± 1,88	n.d.	[2]
EFMP (4%)	n.d.	n.d.	n.d.	1,45 ±1,85	n.d.	67,26 ± 0,20	7,29 ± 0,50	44,53 ± 1,96	n.d.	[2]
LMPE 70% etanol	152 ± 9	n.d.	84,56 ± 0,85	15,20± 0,18	18,72±0,58	86,73 ± 1,09	1,73 ± 0,51	28,70 ± 2,86	n.d.	[3]
LMPE 80% acetona	151 ± 6	n.d.	71,08 ± 1,01	12,89± 0,13	33,07±1,11	81,04 ± 0,61	2,89 ± 0,80	39,46 ± 3,75	n.d.	[3]
SPI 5% MKE	66,00±7	7,93x10^{-8} ±1,81	1,34±0,65	3,06±0,24	49,92±0,60	75,30 ± 0,02	2,24 ± 0,04	10,40 ± 0,08	9,89 ±0,018	[4]
FG 5% MKE	90,00±11	15,10x10^{-8} ±0,74	4,85±0,14	7,74±0,33	88,39±4,26	81,35 ± 0,04	-1,17 ± 0,06	3,64 ± 0,03	1,19 ±0,015	[4]
MPE 5%	42,28 ± 0,01	1,98x10^{-14} ±0,015	20,06±2,23	15,78±0,75	42,09±0,62	85,67± 0,27	-1,96 ± 0,02	5,74 ± 0,29	1,11 ± 0,22	[6]
5%SNC+ 5%CNC	150,00±0,00	3,15x10^{-10}± 0,00	n.d.	25,10± 0,00	2,53±0,00	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	[7]
MKPE 20%	1,50x10^{3}±0,00	4,94x10^{-8}±0,00	n.d.	4,00± 0,00	48,57± 0,00	n.d.	n.d.	n.d.	443,4 ± 0,00	[10]
MKF 20%	1,50x10^{3}±0,00	7,20x10^{-10}±0,00	n.d.	4,04±0,00	9,29±0,00	n.d.	n.d.	n.d.	371,8 ± 0,00	[10]

L*=Luminosidad, a**= Coordenadas (+) rojo/(-)verde, b***=Coordenadas (+)amarillo/(-)azul, n.d.= no disponible
F: Mango Peel Flour y Glicerol; FE: Mango Peel Flour, Glicerol y extracto de semilla de mango; EFMP: Edible Film with Mango Peel/ película comestible con cáscara de mango; LMPE: Langra Mango Peel Extract/ extracto de la cáscara de mango Langra; SPI: Soja Protein Extract/aislado de proteína de soja aislada; MKE:Mango Kernel Extract/extracto de grano de mango; FG: Fish Gelatin/ gelatina de pescado; MPE: Mango Peel Extract/ extracto de cáscara de mango; CNC: Cellulose Nanocrystals/ nanocristales de celulosa; SNC: Starch and starch nanocrystals/ almidón y nanocristales de almidón; MKPE: Mango Kernel Phenolic Extract/ extracto fenólico del grano de mango; MKF: Mango Kernel Fat/ grasa del grano de mango.

DOI: https://dx.doi.org/10.18272/aci.v13i1.1775

Artículo/Article
Sección/Section C
Vol. 13, nro. 1
ID: 1775



DISCUSIÓN

Las películas biodegradables hechas a base de subproductos de frutas tienen la capacidad de proteger al alimento de daños físicos, mecánicos y químicos [1]. La permeabilidad al vapor de agua (WVP) es un factor crucial en la vida útil del producto ya que otorga una estimación de las propiedades de barrera de un alimento [5]. A continuación, se analizan las características de las películas encontradas en la revisión, siendo la primera la mejor, considerando que contiene la menor WVP de todas. Se describe a la película de gelatina de pescado con 5% de extracto de cáscaras de mango (MPE) como una película gruesa, densa y continua, presentando una WVP de $1{,}98 \times 10^{-14}$ (g/m s Pa). Esta película presentó un aumento de la composición de β-caroteno, lo que hizo que su aspecto incoloro cambie hacia un color amarillento. Esto se considera una ventaja ya que es un mecanismo para evitar la exposición a los rayos ultravioleta que podrían acelerar el deterioro de los alimentos. Además, se observó el incremento del total de compuestos fenólicos (TPC) de la película que proporcionan características antioxidantes [6]. Asimismo, presentó disminución de la transferencia de gases que podrían afectar al alimento [1]. Estas películas tuvieron menos opacidad debido a su espesor y a la gelatina de pescado, ya que se genera una fuerte interacción péptido-polifenol en la película. Por lo que se reducía la cantidad de luz que pasaba a través de las películas [6].

Por otra parte, los estudios mostraron una película con almidón de grano de mango reforzada con: nanocristales de celulosa de cáscaras de mango (CNC) y almidón y nanocristales de almidón de la semilla de mango (SNC). Esta película mostró mayor rigidez y mejor barrera de vapor de agua. Además, aumentó el módulo elástico. Esta variedad contenía 5% en peso de CNC y 5% en peso de SNC sobre una base de almidón, presentando mayor resistencia y una WVP de $3{,}15 \times 10^{-10}$ (g/m s Pa) [7]. Otras películas se realizaron con mangos *Ataulfo*, con dos formulaciones: 1) F: 1,09% MPF (Mango Peel Flour: harina de cáscara de mango), 0,33% glicerol y 2) FE: que contenía MPF (1,09%), glicerol (0,33%) y extracto de semilla de mango (0,078 g/L). El MPF tiene un alto contenido de biopolímeros, provenientes de la fibra dietética (24,3%) que son adecuados para formar películas biodegradables. De estos, la película F presentó valores de WVP más altos 8,80 E−10 (g/m s Pa) que los de la película FE. Por otro lado, la adición de MPF causó una excelente actividad de eliminación de radicales libres en comparación con una película que no contenía MPE [1].

Otro estudio menciona que la adición de polvo de cáscara de mango (*Mangifera indica* L. cv Manila) EFMP al 2 y 4% de concentración mejora las propiedades físicas, estructurales y antioxidantes de las películas de almidón. La efectividad del mango sobre las películas comestibles se pudo evidenciar al recubrir rodajas de manzana deshidratadas (*Malus domestica*) durante el almacenamiento a 4°C. Los resultados de los análisis fisicoquímicos de textura mostraron que el agregar cáscara de mango incrementa la resistencia de penetración de las manzanas. A mayor porcentaje de cáscara de mango pulverizado (4%), las manzanas presentaron menor luminosidad, así como tonalidades verdosas y rojizas. Su presencia también aumentó la firmeza, el índice de dorado y los compuestos fenólicos totales, así como la capacidad antioxidante de las manzanas en 178,4% y 830,7%, respectivamente. El recubrimiento comestible formulado con 2% de piel de mango mostró el índice de dorado más bajo [2]. Aunque se deben realizar más estudios para validar la efectividad de la cáscara de mango sobre la mejora de las

 DOI: https://dx.doi.org/10.18272/aci.v13i1.1775



propiedades físicas y microbiológicas de los recubrimientos comestibles de almidón, este estudio muestra que su adición es beneficiosa en manzanas por su significativa capacidad antioxidante. Por otro lado, se han desarrollado películas a partir de alcohol de polivinilo (PVA), gelatina, ciclodextrinas y cáscara de mango (LMPE), con un contenido de 235 mg/g de compuestos fenólicos y 16 mg/g de taninos. Estas películas tuvieron 70% de etanol o 80% de extracto de acetona. En empaques de pollo o carne picada, proporcionaron mayor vida útil, de 3 a 10 días en refrigeración [3]. De modo que la cáscara de mango tiene potencial como ingrediente de películas biodegradables para el envasado activo de alimentos. Su uso podría reducir la producción de envases fabricados a base de petróleo [3].

Por otra parte, se describe películas con varios tipos de grasa de la semilla de mango (MKF) como el ácido oleico y esteárico, y otras formuladas con extracto fenólico (MKPE), todas mezcladas con almidón de mango (MKS) [10]. Se afirma que la presencia de grasa y fenoles produjo efectos plastificantes en el almidón [10]. Este efecto plastificante se debe a que el almidón al estar formado por amilosa y amilopectina tiene la capacidad de hidratación y gelatinización [8]. Los gránulos de almidón son insolubles en agua, pero cuando esta solución se empieza a calentar, estos gránulos empiezan un proceso lento de absorción de agua en las zonas intermicelares amorfas haciendo que su viscosidad aumente; dicho proceso se realiza en la producción de películas [9]. Además, esta característica del almidón junto con las propiedades funcionales de las grasas y los polifenoles del mango permiten la generación de películas más resistentes al vapor de agua, es decir, menos permeables [5]. El polímero de menor alargamiento de ese estudio fue el de 20% de MKF debido a la alta saturación de la grasa. Mientras que el de 20% MKPE fue más efectivo para disminuir la permeabilidad del vapor de agua, tuvo un valor de WVP de $4{,}94 \times 10^{-10}$ (g/m s Pa) [10].

Además, se realizó envases activos usando diferentes concentraciones de extractos de grano de mango (MKE) (1 al 5%) en películas de aislado de proteína de soja aislada (SPI), y de gelatina de pescado (FG). El extracto de grano de mango (MKE) tenía un 41,1% de grasa y 40,8% de carbohidratos. Añadiendo 5% de MKE, las FG fueron 39% más gruesa, pero las SPI solo aumentaron 15% de grosor. Las FG fueron tres veces más solubles que las SPI, pues el MKE interrumpe la estructura ordenada, compacta y rígida de las FG creando canales de agua. Las SPI tienen una mejor barrera hacia la solubilidad en agua porque tienen una estructura globular. Las dos películas se volvieron más oscuras a mayor concentración de MKE. Las SPI tuvieron un 43% de tono rojizo y las FG tuvieron una tonalidad naranja amarillenta, por lo que presentan una ventaja para los alimentos sensibles a la luz. Las SPI y FG fueron más elásticas, fuertes y presentaron mayor resistencia a la tracción. Las SPI tuvieron 89% de actividad de eliminación de radicales libres, pues la actividad de los compuestos fenólicos, ácido gálico, fitoesteroles y tocoferoles del MKE aumenten esta actividad. Las SPI superaron a FG como películas de empaquetado activas, pues tiene mejores propiedades de barrera contra el agua con una liberación controlada de antioxidante en la prueba de migración. Las SPI con 5% de MKE tuvieron una WVP de $7{,}93 \times 10^{-08}$ (g/m s Pa) [4].

 DOI: https://dx.doi.org/10.18272/aci.v13i1.1775



CONCLUSIÓN

Esta revisión bibliográfica muestra que los subproductos de mango pueden usarse para mejorar las propiedades mecánicas, físicas y microbiológicas de biopolímeros. Su incorporación en películas de polisacáridos y proteínas tiene un efecto significativo sobre la disminución de la permeabilidad al vapor de agua (WVP) y el aumento del contenido de compuestos fenólicos, así como de firmeza. Mientras más alta sea la concentración de semilla o cáscara de mango, menor será la WVP y, por tanto, mejor la barrera contra la humedad. Asimismo, a mayor contenido de compuestos fenólicos menor será la oxidación. De los estudios analizados se encontró que la película de gelatina de pescado con 5% de extracto de cáscaras de mango (MPE) obtuvo el menor WVP de $1,98 \times 10^{-14}$ (g/m s Pa), por tanto, es la mejor opción de biopolímero de esta revisión. Por lo que, los biopolímeros de subproductos de mango promueven la soberanía alimentaria al conservar los alimentos de manera sustentable, sostenible y accesible, manteniendo la calidad, inocuidad y el valor nutricional del producto.

CONTRIBUCIONES DE LOS AUTORES

Andrea Sánchez, Cristina Garcés, Gisela Criollo, Nicole Martínez, Pablo Terán, Carolina Reyes y Joselyn Andrade concibieron la investigación; Andrea Sánchez y Cristina Garcés desarrollaron la metodología; Andrea Sánchez y Cristina Garcés analizaron e interpretaron los datos; Andrea Sánchez validó y verificó los resultados; Andrea Sánchez redactó el manuscrito; Andrea Sánchez, Cristina Garcés y Nicole Martínez produjeron la tabla 1; Francisco Carvajal fue el tutor que realizó la revisión crítica del contenido intelectual del manuscrito.

DOI: https://dx.doi.org/10.18272/aci.v13i1.1775



REFERENCIAS

[1] Torres, C., Vicente, A., Flores, M., Rojas, R., Serna, L., Álvarez, O., & Aguilar, C. (2018). Edible films and coatings based on mango (var. Ataulfo) by-products to improve gas transfer rate of pech. *LWT -Food Science and Technology,* 97, 624-631. doi: https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.07.057

[2] Rojas-Bravo, M., Rojas-Zenteno, E., Hernández-Carranza, P., Ávila-Sosa, R., Aguilar-Sánchez, R., Ruiz-López, I., & Ochoa-Velasco, C. (2019). A Potential Application of Mango (Mangifera indica L. cv Manila) Peel Powder to Increase the Total Phenolic Compounds and Antioxidant Capacity of Edible Films and Coatings. Food And Bioprocess Technology, 12(9), 1584-1592. doi: https://doi.org/10.1007/s11947-019-02317-8

[3] Kannatt, S. & Chawla, S. (2017). Shelf life extension of chicken packed in active film developed with mango peel extract. *Journal of Food Safety*,38(1), 1-12. doi: https://doi.org/10.1111/jfs.12385

[4] Maryam, Z., Jamilah, B., Nur, Z. (2018). Functional and antioxidant properties of protein-based films incorporated with mango kernel extract for active packaging. *Food Hydrocolloids*, 74, 207-218. doi: http://dx.doi.org/10.1016/j.foodhyd.2017.08.017

[5] Otoni, C., Avena, R., Azeredo, H., Lorevice, M., Moura, M., Mattoso, L., & McHugh, T. (2017). Recent Advances on Edible Films Based on Fruits and Vegetables - A Review. *Comprehensive Reviews In Food Science and Food Safety*, 16, 1151-1169. doi: https://doi.org/10.1111/1541-4337.12281

[6] Nor Adilah, A., Jamilah, B., Noranizan, M., & Nur Hanani, Z. (2018). Utilization of mango peel extracts on the biodegradable films for active packaging. *Food Packaging and Shelf Life*, 16, 1-7. doi: https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2018.01.006

[7] Silva, A., Oliveira, A., Pontes, S., Pereira, A., Souza, M., Rosa, M., & Azeredo, H. (2019). Mango kernel starch films as affected by starch nanocrystals and cellulose nanocrystals. *Carbohydrate Polymers*, 211, 209-216. doi: https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2019.02.013

[8] Badui Dergal, S. (2006). Química de los alimentos (4th ed., p. 738). Atoto, México: Pearson Educación.

[9] Enríquez, M, Velasco, R & Ortiz, V. (2012). Composición y procesamiento de películas biodegradables basadas en almidón. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, 10*(1), 182-192. Recuperado de http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v10n1/v10n1a21.pdf

[10] Melo, P., Silva, A., Marques, F., Ribeiro, P., Souza, M., Brito, E., Lima, J., & Azeredo, H. (2019). Antioxidant films from mango kernel components. *Food Hydrocolloids, 95,* 487-495. doi: https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.04.061

 DOI: https://dx.doi.org/10.18272/aci.v13i1.1775